

8.Андронов В.А. Особенности систем оборотного водоснабжения промышленных предприятий. Применение комплексных ингибиторов // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Вып. 15. – Харьков, 2003. – С.47-50.

Получено 04.11.2004

УДК 628.174 : 614.84

В.О.ОРЛОВ, д-р техн. наук

Національний університет водного господарства і природокористування, м.Рівне

С.Л.КУСКОВЕЦЬ

Львівський інститут пожежної безпеки МНС України

ВИТРАТИ ВОДИ НА ПОЖЕЖЕГАСІННЯ В СІЛЬСЬКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ

Наведено результати досліджень витрат води на пожежегасіння із зовнішньої мережі за даними спостережень практики гасіння пожеж в Рівненській області, які не відповідають нормативним.

На гасіння пожежі витрачається велика кількість води, яку потрібно подавати складними і дорогими системами централізованого водопостачання. Відносна вартість таких систем в сільській місцевості підвищується із зменшенням потужності.

Дослідження проводилися на основі власних спостережень за витратами води на пожежегасіння, обробки реальних даних.

Аналіз нормативних матеріалів і результатів досліджень виконаних Родіоновим Є.Г., Корном Г., Корном Т. [1, 2, 4] та ін. свідчить, що витрати води на пожежегасіння в сільській місцевості України, що визначаються згідно ВБН 46/33-2.5-5-96 "Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування", СНиП 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Нормы проектирования" та залежно від кількості жителів і поверховості будинків, з кількістю жителів до 5 тисяч чоловік становлять 5-10 л/с.

Завданням наших досліджень було встановлення зміни реальних витрат води на пожежегасіння в сільській місцевості.

Нами проведені дослідження встановлення закономірностей виникнення та гасіння 120 пожеж у сільській місцевості на Рівненщині, які виникали в період з 1 січня по 29 липня 2003 р.

Дослідивши зміну витрат води на зовнішнє пожежегасіння більш як за шість десятиліть, встановлено, що при призначенні в проектах витрат води на пожежегасіння в 30-50-х роках враховували матеріал забудови, ступені вогнестійкості, кількість жителів, поверховість. В існуючих документах [2] витрати води визначаються незалежно від ступенів вогнестійкості; дещо укрупнено розрахункові населені пунк-

ти, витрати води у всіх випадках зводяться до кратності 2,5 л/с. Ця витрата виникла внаслідок технічної можливості пожежних стволів, які стояли на озброєнні пожежної охорони 30-х років. Сьогодні використовують пожежні стволи РС-50 з ефективною витратою води 3,7 л/с, а тому при подачі двох струменів витрати води будуть складати 7,4 л/с.

Результати спостережень за реальними витратами води на пожежегасіння наведені на рис.1, 2.

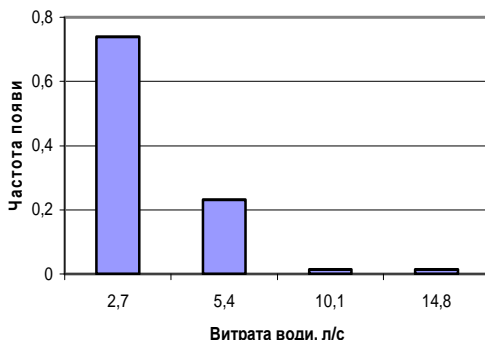


Рис.1 – Гістограма розподілу витрат води на пожежегасіння для пунктів з населенням менше 1000 чоловік

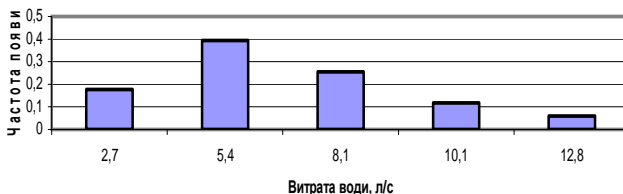


Рис.2 – Гістограма розподілу витрат води на пожежегасіння для пунктів з населенням понад 1000 чоловік

На підставі цих гістограм можна знайти функцію розподілу $\varphi(q)$. Для цього було проаналізовано існуючі методи перевірки типу розподілу емпіричних даних [3, 4]. Витрати води описуються не нормальним законом, а експоненціальним законом розподілу чи законами розподілу Ерланга 1-го і 2-го порядку 0. Тому в нашому випадку критерії відхилення розподілу від нормального застосовувати недоцільно. Критерії згоди добре працюють на великих вибірках даних і при кількості

інтервалів гістограми більше 10. У даному випадку гістограма розподілу витрат води має лише 4-5 інтервалів і носить яскраво виражений “дискретний” характер – при великій вибірці даних витрати води набувають тільки значень 2,7; 3,7; 5,4; 7,4; 8,1; 10,1; 11,1; 12,8 і 14,8 л/с. За таких умов критерії згоди часто не працюють. Тому, прийнявши гіпотезу про експоненційний та Ерлангівський характер розподілу, спробуємо апроксимувати експериментальний розподіл відповідними кривими, знаючи точне значення розподілу витрат води в точках 2,7; 3,7; 5,4; 7,4; 8,1; 10,1; 11,1; 12,8 і 14,8 л/с.

Апроксимація передбачає процес підбору аналітичного виразу $\varphi(x)$ для функції $f(x)$, заданої у вигляді графіка або таблиці, що наближено описує дану функцію

У загальному випадку апроксимація зводиться до методу найменших квадратів, який дозволяє у якості апроксимуючої вибрати будь-яку інтегровану функцію. Суть методу полягає у пошуку найменшого значення величини

$$M = \int_a^b |f(x) - \varphi(x)|^2 dx, \quad (1)$$

де $[a, b]$ – інтервал, у якому здійснюється апроксимація.

Прирівнявши до нуля часткові похідні від M по параметрах, що задають функцію $\varphi(x)$, отримують рівняння, які дозволяють знайти значення згаданих параметрів.

Оскільки функція $f(x)$ задається таблицею, то за відповідною формулою розподілу витрат води записують для конкретних точок x_0, x_1, \dots, x_n :

$$S = \sum_{i=0}^n |f(x_i) - \varphi(x_i)|^2. \quad (2)$$

Якщо функція $\varphi(x)$ визначається параметрами k, l, m , то для їх знаходження розв’язують систему диференціальних рівнянь, в яких наведена функція залежить від перелічених параметрів.

Для апроксимації застосовувався пакет MATHCAD 2000 [5], де передбачена функція genfit, що реалізує апроксимацію за допомогою методу найменших квадратів. Оскільки для здійснення апроксимації застосовуються числові методи, то отримані результати залежать від вибраного початкового наближення і заданої точності числових розрахунків. Тому апроксимація проводилась при різних початкових на-

ближеннях ($A=0,1\div0,9$), а точність розрахунків задавалась високою за допомогою вбудованої в MATHCAD константи TOL (її значення задавалось рівним 10^{-10} замість прийнятого по замовчуванню значення 10^{-3}).

Результати апроксимації визначаються кривою експоненційного закону розподілу, яка має вигляд:

$$\varphi(q) = \begin{cases} A \cdot e^{-A \cdot q}, & q > 0; \\ 0 & \text{при } q < 0, \end{cases} \quad (3)$$

де A – параметр розподілу.

Математичне сподівання q_{cp} витрат води і його дисперсію D_q обчислюють за формулами:

$$q_{cp} = 1 / A; \quad (4)$$

$$D_q = 1 / A^2. \quad (5)$$

Отримані числові значення параметрів експоненційного розподілу і середньоквадратичної похибки апроксимації залежно від вибраного початкового наближення наведені на рис.3-6 для населених пунктів з кількістю жителів менше 1000 чоловік. Вигляд кривої експоненційного закону розподілу витрат води на пожежегасіння для згаданих параметрів наведено на рис.6 (значком відмічено \diamond емпіричні дані).

Закон розподілу Ерланга має такий характер:

$$\varphi(q) = \frac{(n\mu)^n}{\Gamma(n)} \cdot q^{n-1} \cdot e^{-n\mu q}, \quad (6)$$

де $\Gamma(n)$ – гамма-функція; $\mu > 0$; $n \geq 0$, ціле.

Проаналізовано розподіли Ерланга від 1-го по 10-й порядок при різних значеннях початкового наближення параметра μ . Подібні залежності та графіки отримано також для населених пунктів з кількістю жителів понад 1000 чоловік, але витрати на пожежегасіння наближуються до 6 л/с. Мінімальна похибка апроксимації досягається при значенні параметру $A=0,347$ (пункти з населенням менше 1000 чоловік) і $A=0,1723$ (пункти з населенням понад 1000 чоловік), відповідно витрати води на пожежегасіння дорівнюють 2,882 і 5,804 л/с.

Отже, при апроксимації за законом Ерланга, середні витрати води на пожежегасіння дорівнюють приблизно 3 л/с для населених пунктів з населенням менше 1000 чоловік і можна говорити, що вони відповідають витратам води з одного сучасного ствола (3,7 л/с) і 6 л/с для насе-

лених пунктів понад 1000 чоловік і вони наближені до витрат води двох струменів 7,4 л/с. Відповідно ці дані більші за рекомендовані нормами з одного боку, а з другого боку вони реально наближуються до технічних спроможностей сучасної пожежної техніки.

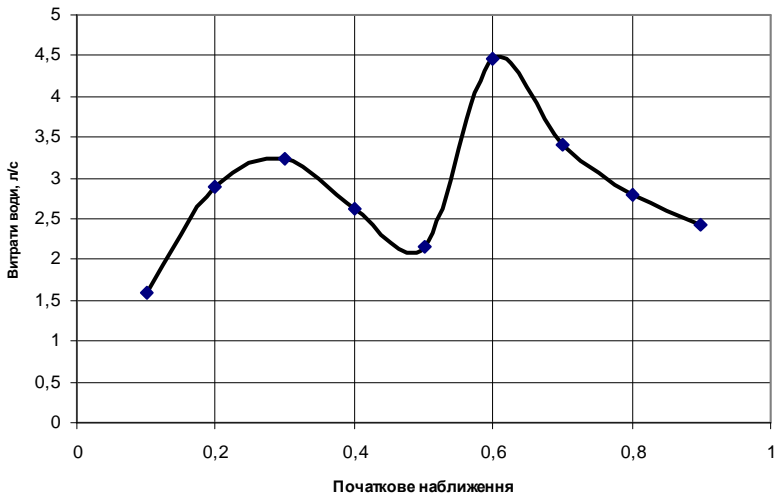


Рис.3 – Похибка апроксимації витрат води експоненційним законом розподілу (для пунктів з населенням менше 1000 чоловік)

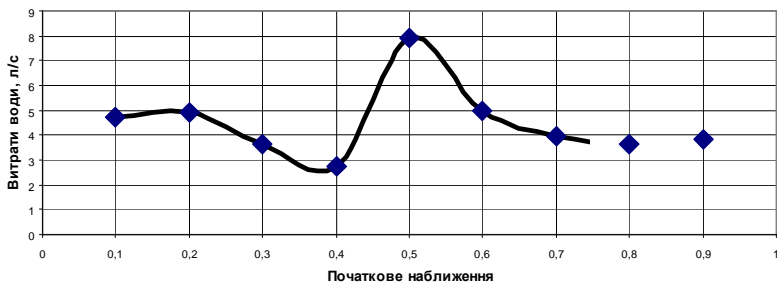


Рис.4 – Математичне сподівання витрат води на пожежегасіння (для пунктів з населенням менше 1000 чоловік)

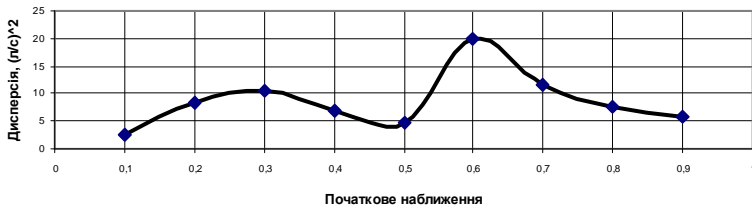


Рис.5 – Дисперсія витрат води на пожежегасіння
(для пунктів з населенням менше 1000 чоловік)

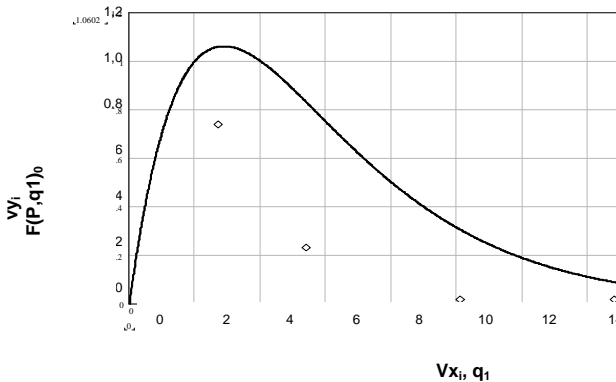


Рис.6 – Апроксимована крива експоненційного розподілу
(для пунктів з населенням менше 1000 чоловік).

- 1.Родионов Е.Г. Разработка методологии обоснования нормативных расходов воды при тушении пожаров // Пожарная безопасность. – 2003. – №5. – С.11-14.
- 2.ГОСТ 11.006-74 (СТ СЭВ 1190-78). Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 32 с.
- 3.Гайдышев И. Анализ и обработка данных: Специальный справочник. – СПб: Питер, 2001. – 752 с.
- 4.Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984. – 831 с.
- 5.Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB: Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2001. – 480 с.

Отримано 11.11.2004